

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 3 年 3 月 3 1 日
Date of Application:

出 願 番 号 特 願 2 0 0 3 - 0 9 7 0 2 8
Application Number:
[ST. 10/C] : [J P 2 0 0 3 - 0 9 7 0 2 8]

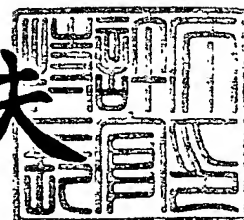
出 願 人 日 立 電 線 株 式 会 社
Applicant(s):

CERTIFIED COPY OF
PRIORITY DOCUMENT

2 0 0 4 年 3 月 1 8 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号 出証特 2 0 0 4 - 3 0 2 2 2 1 2

【書類名】 特許願

【整理番号】 PHC03115

【提出日】 平成15年 3月31日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H01L 33/00

【請求項の数】 5

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区大手町一丁目 6 番 1 号 日立電線株式会社
社内

【氏名】 新井 優洋

【発明者】

【住所又は居所】 東京都千代田区大手町一丁目 6 番 1 号 日立電線株式会社
社内

【氏名】 今野 泰一郎

【特許出願人】

【識別番号】 000005120

【氏名又は名称】 日立電線株式会社

【代理人】

【識別番号】 100071526

【弁理士】

【氏名又は名称】 平田 忠雄

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 038070

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 発光ダイオード

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

半導体基板と、

前記半導体基板上に設けられて少なくとも活性層を導電型の異なるクラッド層で挟んだ発光部と、

前記発光部上に設けられて少なくともアルミニウムを含む化合物半導体からなり、濃度 $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 以上の導電型決定不純物を含む透明導電膜剥離防止層と、

前記透明導電膜剥離防止層に設けられて金属酸化物からなる透明導電膜と、

前記透明導電膜上に設けられる表面電極と、

前記半導体基板の裏面の全面又は一部に設けられる電極とを有する発光ダイオード。

【請求項 2】

前記透明導電膜剥離防止層は、膜厚が 300 nm 以下で形成されていることを特徴とする請求項 1 記載の発光ダイオード。

【請求項 3】

前記透明導電膜は、酸化インジウム錫を含むことを特徴とする請求項 1 記載の発光ダイオード。

【請求項 4】

前記透明導電膜剥離防止層は、少なくともアルミニウムを含むヒ素化合物であることを特徴とする請求項 1 記載の発光ダイオード。

【請求項 5】

前記発光部は、 $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_y\text{In}_{1-y}\text{P}$ ($0 \leq x \leq 1$ 、 $0 \leq y \leq 1$) の材料からなることを特徴とする請求項 1 記載の発光ダイオード。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、AlGaInP系化合物半導体から構成される発光ダイオードに関し、特に、金属酸化物透明導電膜の剥離を防止し、高輝度で、安価に製造することができる発光ダイオードに関する。

【0002】

【従来の技術】

従来、発光ダイオードは、GaP（磷化ガリウム）の緑色、AlGaAs（ヒ化アルミニウム・ガリウム）の赤色がほとんどであった。しかし、近年ではGaN（窒化ガリウム）系やAlGaInP（磷化アルミニウム・ガリウム・インジウム）系の結晶層をMOVPE (Metal Organic Vaporr Phase Epitaxy :有機金属気相成長)法で成長させる技術が進み、赤色の他に橙色、黄色、緑色、青色等の所望の発光波長を有する発光ダイオードが製作できるようになった。

【0003】

発光ダイオードにおいて、高輝度を得るためには、チップ内を均一に発光させることが重要であり、そのためには電流分散を良くする必要がある。これを解決するものとして、電流分散層の膜厚を厚くする等の方法が知られているが、発光ダイオード用エピタキシャルウェハを製造する上で電流分散層にかかるコストが高くなり、結果的に発光ダイオード用エピタキシャルウェハを製造する原価が高くなるという不都合がある。

【0004】

発光ダイオードの製造コストを下げるには、電流分散層の膜厚を薄くすることが好ましい。これには膜抵抗の低いエピタキシャル層が必要であり、高キャリア濃度を有するエピタキシャル層が要求される。しかし、AlGaInPやGaNの材料では、p型で高キャリア濃度のエピタキシャル層を成長させることが難しい。また、その他の半導体で上記した特性を有するものであれば代用できるが、このような特性を満足する半導体は発見されていない。

【0005】

また、その他の方法として、GaN系発光ダイオードで金属膜を透明電極（透明導電膜）として用いることが知られているが、この場合には光の透過率を高めるために金属膜を非常に薄くする必要があり、電流分散効果が低下する。一方、

電流分散効果を得ようとする、金属膜の厚さが大になって透光性を阻害することから、厚さに制約が生じる。

【0006】

十分な光の透光特性を有し、かつ電流分散効果が得られる電気特性を有する膜として、金属酸化膜であるITO（酸化インジウム・錫）膜がある。このITO膜を電流分散層として用いた発光ダイオードがある（例えば、特許文献1参照）。この発光ダイオードによると、電流分散層としてのエピタキシャル層を不要にできることから、安価に高輝度の発光ダイオードを生産できるようになる。

【0007】

図2は、特許文献1に記載された発光ダイオードの断面構造である。

この発光ダイオード20は、発光波長630nm付近の赤色発光ダイオードであり、n型GaAs基板1と、n型（セレンドープ） $(Al_{0.7}Ga_{0.3})_{0.5}In_{0.5}P$ クラッド層2と、アンドープ $(Al_{0.15}Ga_{0.85})_{0.5}In_{0.5}P$ 活性層3と、亜鉛濃度 $5 \times 10^{17} cm^{-3}$ のp型（亜鉛ドープ） $(Al_{0.7}Ga_{0.3})_{0.5}In_{0.5}P$ クラッド層4と、p型GaP層5と、p型InP化合物半導体層6Aと、透明導電膜7と、チップ底面全体に形成されるn型電極8と、上面に直径150 μm の円形で形成されるp型電極9とを積層して構成されている。

【0008】

n型GaAs基板1からp型 $AlGaInP$ クラッド層4までの各層は、MOVPE法によって形成されており、MOVPE成長は、成長温度700℃、成長圧力50 Torr、各層の成長速度は0.3～1.0 nm/s、V/III比は300～600で形成されている。

【0009】

p型GaP層5は、亜鉛濃度 $1 \times 10^{18} cm^{-3}$ 、V/III比100、成長速度1 nm/sで2 μm 成長させることによって形成されている。

【0010】

p型InP化合物半導体層6Aは、亜鉛濃度 $1 \times 10^{18} cm^{-3}$ で形成されており、透明導電膜7の下地層として設けられることによりダイシング等によって透明導電膜7がエピタキシャルウェハから剥離することを防止する。

【0011】

透明導電膜 7 は、ITO 膜からなり、真空蒸着法にて形成されている。ITO 膜の蒸着条件は、基板温度 250℃、酸素分圧 4×10^{-4} Torr で約 200 nm である。

【0012】

n 型電極 8 は、金・ゲルマニウム、ニッケル、金をそれぞれ 60 nm、10 nm、500 nm の順に蒸着して形成されている。

【0013】

p 型電極 9 は、金・亜鉛、ニッケル、金を、それぞれ 60 nm、10 nm、1000 nm の順に蒸着して形成されている。

【0014】

この発光ダイオード 20 は、上記した構成で積層された電極付 LED 用エピタキシャルウエハをチップサイズ 300 μ m 角にダイシングにて切削加工することにより形成される。このダイシング等の工程において、透明導電膜 7 は p 型 InP 化合物半導体層 6A との付着性を保って切削加工される。発光ダイオード 20 は、TO-18 ステム上にダイボンディングされ、ワイヤボンディングにより TO-18 ステムと電氣的に接続される。

【0015】

【特許文献 1】

特開 2002-344017 公報 (第 2 図)

【0016】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、従来の発光ダイオードによると、pn 接合を有する発光ダイオードと透明導電膜 7 との接合は実質的に npn となり、透明導電膜 7 と p 型 InP 化合物半導体層 6A との界面には、障壁による直列抵抗が発生するが、上記した透明導電膜 7 の亜鉛濃度 ($1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$) によると直列抵抗の低減量が充分ではないため、発光させるにあたって高動作電圧が要求される。また、十分な電流分散特性を得るための厚み (30 nm) を必要とすることから、高輝度化を図る上での障害になるという問題がある。

【0017】

従って、本発明の目的は、ダイシング等による透明導電膜の剥離を生じず、低動作電圧で発光し、かつ、高輝度化を実現することのできる発光ダイオードを提供することにある。

【0018】

【課題を解決するための手段】

本発明は、上記の目的を達成するため、半導体基板と、前記半導体基板上に設けられて少なくとも活性層を導電型の異なるクラッド層で挟んだ発光部と、前記発光部上に設けられて少なくともアルミニウムを含む化合物半導体からなり、濃度 $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 以上の導電型決定不純物を含む透明導電膜剥離防止層と、前記透明導電膜剥離防止層に設けられて金属酸化物からなる透明導電膜と、前記透明導電膜上に設けられる表面電極と、前記半導体基板の裏面の全面又は一部に設けられる電極とを有することを特徴とする発光ダイオードを提供する。

【0019】

この構成によれば、透明導電膜剥離防止層によって透明導電膜の剥離が防止されるとともに、電流分散特性が向上して低電圧で発光させることが可能になる。

【0020】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の実施の形態を図面に基づいて説明する。

【0021】

(第1の実施の形態)

図1は、本発明の第1の実施の形態に係る発光ダイオードの断面構造である。

この発光ダイオード10は、発光波長630nm付近の赤色発光ダイオードであり、n型GaAs基板1と、n型(セレンドープ) $(\text{Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ クラッド層2と、アンドープ $(\text{Al}_{0.15}\text{Ga}_{0.85})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ 活性層3と、亜鉛濃度 $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ のp型(亜鉛ドープ) $(\text{Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ クラッド層4と、p型GaP層5と、透明導電膜剥離防止層としてのp型(亜鉛ドープ) AlGaAs層6と、ITO膜からなる透明導電膜7と、チップ底面全体に形成されるn型電極8と、上面に直径150μmの円形で形成さ

れる p 型電極 9 とを積層して構成されている。なお、エピタキシャル成長方法、エピタキシャル構造、ITO 膜形成方法等については図 2 で説明した発光ダイオード 20 と同様である。

【0022】

AlGaAs 層 6 は、p 型 GaP 層 5 の上に厚さ 10 nm で形成されており、亜鉛濃度を $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 以上になるように設けるとともに、Al 組成を 0.1、0.4、0.8 としている。

【0023】

この発光ダイオード 10 は、上記した構成で積層された電極付 LED 用エピタキシャルウエハをチップサイズ $300 \mu\text{m}$ 角にダイシングにて切削加工することにより形成される。このダイシング等の工程において、透明導電膜 7 は p 型 AlGaAs 層 6 との付着性を保って切削加工される。切削加工された発光ダイオード 10 は、TO-18 ステム上にダイボンディングされ、ワイヤボンディングにより TO-18 ステムと電氣的に接続される。

【0024】

上記した発光ダイオード 10 によると、それぞれ Al 組成を変化させた全ての発光ダイオードチップにおいて透明導電膜 7 の剥離現象が約 1 % 以下となることを確認しており、透明導電膜 7 が接する半導体層に少なくとも Al を含む層として AlGaAs 層 6 を用いたことによって剥離現象を抑止でき、発光ダイオード作製の歩留りを大幅に向上させることができる。

【0025】

また、AlGaAs 層 6 を厚さ 10 nm と薄く形成できることから、光の取り出し性が向上し、高輝度化を実現できるとともに原料の使用量を削減でき、そのことによって製造コストを安価にできる。

【0026】

半導体層からの透明導電膜 7 の剥離現象は、化合物半導体中の Al（アルミニウム）組成に大きく左右される。本発明においては、少なくとも Al を含むことによって透明導電膜 7 の剥離を抑止することを見出した。つまり、透明導電膜剥離防止層に含まれる Al 組成は、少なくとも 0.01 以上であることが必要で、

Al を含まない $Ga_xIn_{1-x}P$ ($0 \leq x \leq 1$)、 $Ga_xIn_{1-x}As$ ($0 \leq x \leq 1$) 等の化合物半導体は適していない。

【0027】

また、第1の実施の形態で説明した透明導電膜7は、n型の金属酸化物であり、pn接合を有する発光ダイオードとの接合は実質的にnpnとなり、透明導電膜7とp型AlGaAs層6との界面には、障壁による直列抵抗が発生する。この問題を低減、解消すべく、p型AlGaAs層6には高いキャリア濃度、詳しくは高い不純物濃度が必要となる。従って、p型AlGaAs層6に含まれる導電型決定不純物濃度、つまり亜鉛濃度は $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 以上であることが望ましい。

【0028】

なお、上記した第1の実施の形態では、 $(Al_xGa_{1-x})_yIn_{1-y}P$ ($0 \leq x \leq 1$ 、 $0 \leq y \leq 1$) などの4元系発光ダイオードについて説明したが、例えば、AlGaAs等の3元系発光ダイオードに関しても上記した透明導電膜剥離防止層を設けることにより、透明導電膜の剥離現象を防ぐことができる。

【0029】

また、発光ダイオードの高輝度化を図るものとして、例えば、GaAs半導体基板とn型クラッド層の間に分布ブラッグ反射層(DBR)等の光反射層を設けるようにしても良い。

【0030】

(第2の実施の形態)

本発明の第2の実施の形態として、p型GaP層の上に透明導電膜剥離防止層としてp型(亜鉛ドーパ)AlInAs層を厚さ10nmで形成し、AlInAs中に含まれるAl組成をそれぞれ0.1、0.4、0.8とした発光波長630nm付近の赤色発光ダイオードを作製した。その他の構成、エピタキシャル成長方法、エピタキシャル構造、ITO膜形成方法等については第1の実施の形態と同様であることから重複する説明を省略する。

【0031】

また、発光ダイオードは、第1の実施の形態と同様に上記したp型AlInAs

s 層を含むエピタキシャルウエハをチップサイズ $300\ \mu\text{m}$ 角にダイシングにて切削加工することにより形成される。このダイシング等の工程において、透明導電膜は p 型 AlGaAs 層との付着性を保って切削加工される。切削加工された発光ダイオードは、TO-18 ステム上にダイボンディングされ、ワイヤボンディングにより TO-18 ステムと電氣的に接続される。

【0032】

上記した第 2 の実施の形態の発光ダイオードによると、AlInAs 層を用いた場合についても第 1 の実施の形態と同様に全ての発光ダイオードチップにおいて透明導電膜の剥離現象が約 1 % 以下となることを確認しており、発光ダイオード作製の歩留りを大幅に向上させることができる。

【0033】

(第 3 の実施の形態)

本発明の第 3 の実施の形態として、p 型 GaP 層の上に透明導電膜剥離防止層として p 型 (亜鉛ドーパ) AlGaInAs 層を厚さ $10\ \text{nm}$ で形成し、AlGaInAs 中に含まれる Al 組成をそれぞれ 0.1、0.4、0.8 とした発光波長 $630\ \text{nm}$ 付近の赤色発光ダイオードを作製した。その他の構成、エピタキシャル成長方法、エピタキシャル構造、ITO 膜形成方法等については第 1 の実施の形態と同様であることから重複する説明を省略する。

【0034】

また、発光ダイオードは、第 1 および第 2 の実施の形態と同様に上記した p 型 AlGaInAs 層を含むエピタキシャルウエハをチップサイズ $300\ \mu\text{m}$ 角にダイシングにて切削加工することにより形成される。このダイシング等の工程において、透明導電膜は p 型 AlGaInAs 層との付着性を保って切削加工される。切削加工された発光ダイオードは、TO-18 ステム上にダイボンディングされ、ワイヤボンディングにより TO-18 ステムと電氣的に接続される。

【0035】

上記した第 3 の実施の形態の発光ダイオードによると、AlGaInAs 層を用いた場合についても第 1 の実施の形態と同様に全ての発光ダイオードチップにおいて透明導電膜の剥離現象が約 1 % 以下となることを確認しており、発光ダイ

オード作製の歩留りを大幅に向上させることができる。

【0036】

【発明の効果】

以上説明した通り、本発明の発光ダイオードによると、透明導電膜7が接する半導体層として、少なくともアルミニウムを含む化合物半導体からなり、濃度 $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 以上の導電型決定不純物を含む透明導電膜剥離防止層を設けるようにしたため、ダイシング等による透明導電膜の剥離を生じず、低動作電圧で発光し、かつ、高輝度化を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明の第1の実施の形態に係る発光ダイオードの断面図である。

【図2】

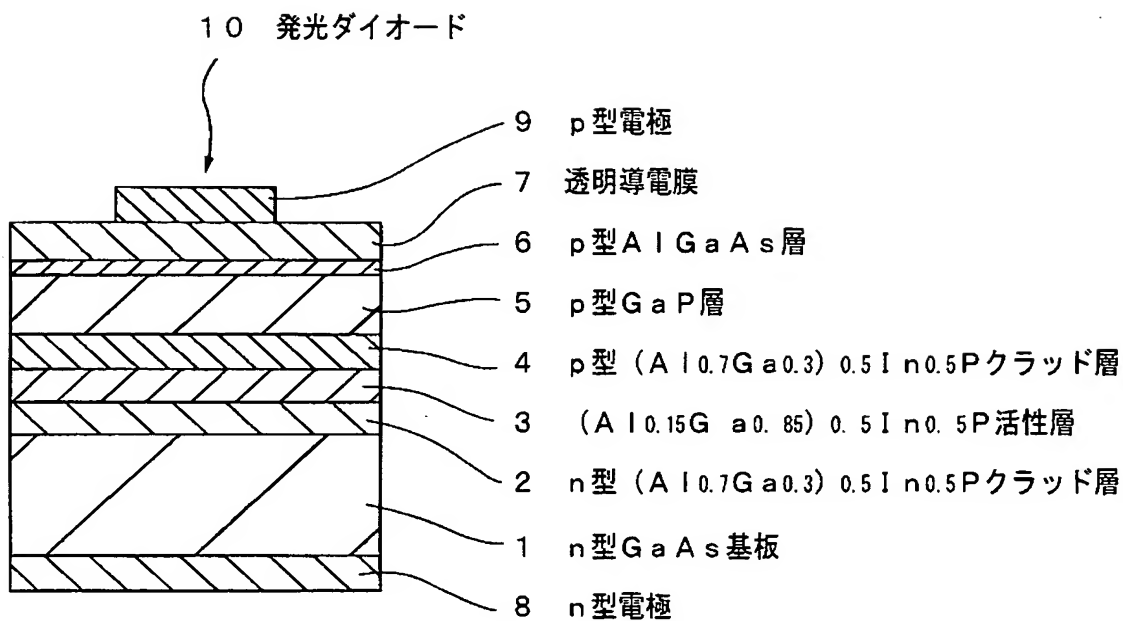
特許文献1に記載された発光ダイオードの断面図である。

【符号の説明】

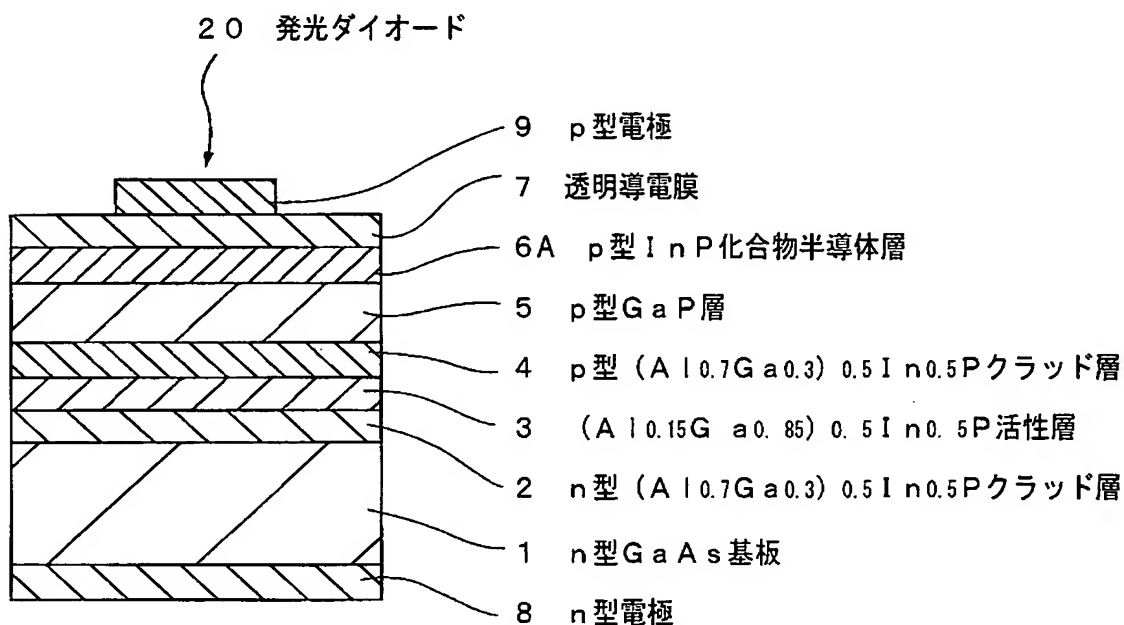
- 1、n型GaAs基板
- 2、(Al_{0.7}Ga_{0.3})_{0.5}In_{0.5}Pクラッド層
- 3、(Al_{0.15}Ga_{0.85})_{0.5}In_{0.5}P活性層
- 4、p型(Al_{0.7}Ga_{0.3})_{0.5}In_{0.5}Pクラッド層
- 5、p型GaP層
- 6、p型AlGaAs層
- 6A、p型InP化合物半導体層
- 7、透明導電膜
- 8、n型電極
- 9、p型電極
- 10、発光ダイオード
- 20、発光ダイオード

【書類名】 図面

【図 1】



【図 2】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 ダイシング等による透明導電膜の剥離を生じず、低動作電圧で発光し、かつ、高輝度化を実現することのできる発光ダイオードを提供する。

【解決手段】 透明導電膜 7 が接する半導体層として、少なくともアルミニウムを含み、亜鉛濃度 $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ の p 型 AlGaAs 層 6 を透明導電膜剥離防止層として設けた。このことによって透明導電膜 7 の剥離現象を抑止するとともに、発光ダイオード作製の歩留りを大幅に向上させることができる。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 3 - 0 9 7 0 2 8

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 5 1 2 0]

1. 変更年月日

1 9 9 9 年 1 1 月 2 6 日

[変更理由]

住所変更

住 所

東京都千代田区大手町一丁目 6 番 1 号

氏 名

日立電線株式会社